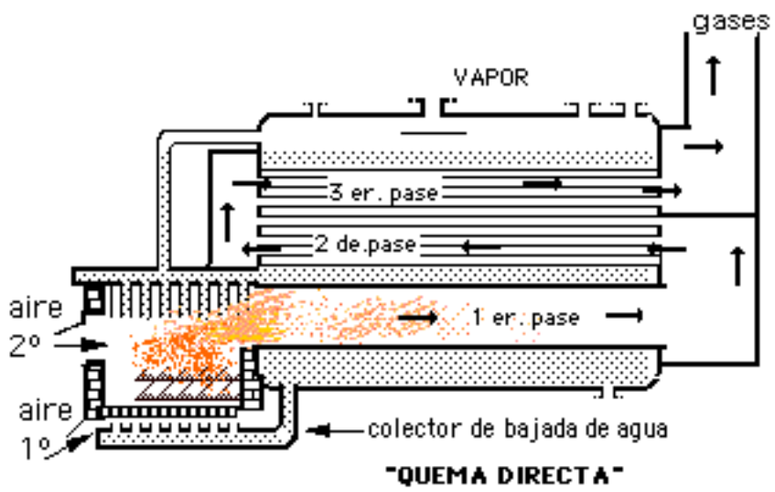


CURSO A DISTANCIA :
Para Calderas a Leña (eucaliptos)

Carlos W. Thomasset
ASESOR TÉCNICO INDUSTRIAL
MONTEVIDEO-URUGUAY

CURSO A DISTANCIA: Para Calderas a Leña (eucaliptos)

2008

modulo 1

Locomotora a leña "CORAZON DE FUEGO"

Con más de 100 años en sus espaldas, ahora bajo el cuidado de la "**Asociación Uruguaya Amigos del Riel**", en perfecto funcionamiento.

Quizás, el traslado de la madera (eucaliptos) y el funcionamiento de las plantas de procesamiento de la misma, deba ser con la propia energía que nos brinda, tanto en la utilización directa (en rolos) o los desperdicios que se producen al procesarla.

PROLOGO

Este curso a distancia: **Para Calderas a Leña y Calderas en general** *, el motivo de su publicación es* **ayudar a la pequeña industria** *, la que por lo general está en el interior del País, lejos de los suministros de combustibles fósiles (F. Oil y otros combustibles derivados del petróleo, así como de las zonas en que llega el gas natural), pero cerca de un combustible Nacional, con un costo en dichas zonas muy adecuado, que da mucha mano de obra en toda la operación del manipuleo,* **hablamos de la leña** *(eucaliptos : corte, acarreo, estiba en fábrica, transporte, talleres mecánicos, operadores de calderas, etc.), y que en muchos casos puede ser hasta* **recortes y sobrantes de eucaliptos de otros usos** *(tanto de exportación como de uso interno para la construcción de casas, muebles, piques, postes, etc.).* **Las calderas a leña tienen la virtud que son de fácil operación, seguras, con un servicio casi sin paradas imprevistas** *(no hay partes sofisticadas o frágiles),* **y por lo general con un retorno económico importante** *(comparado con los otros combustibles).*

Este manual, es fruto de una impresión personal, con el contacto diario con las calderas, por más de 46 años, **que no necesariamente está de acuerdo a otras fuentes de opinión** *, por lo que cada uno saque de información y la utilice,* **es a su propio riesgo** *. Cualquiera de los sistemas de quema de leña (eucaliptos), así sea de "quema directa" o de "gasógeno"; si son debidamente diseñados, operados adecuadamente (según sea el sistema), y con la "leña" manejada de una forma racional para su secado en el menor tiempo posible,* **será un buen negocio para los usuarios y para el País.**

Carlos W. Thomasset

CURSO A DISTANCIA: Para Calderas a Leña (eucaliptos)

2008

modulo 1

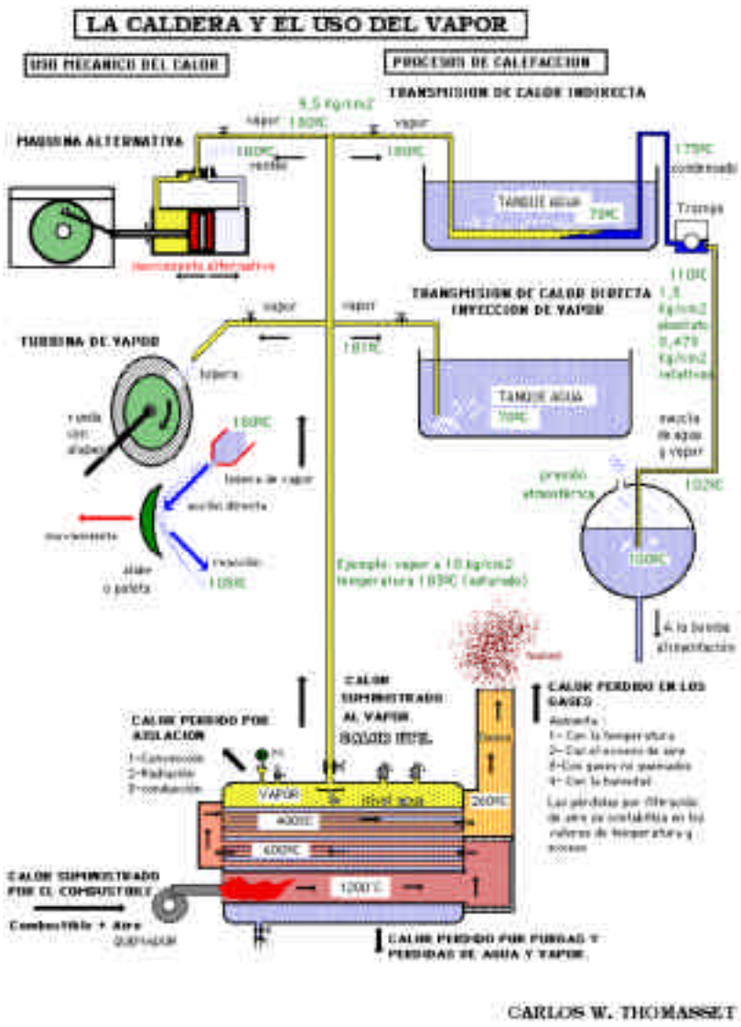
INTRODUCCIÓN

Este CURSO A DISTANCIA: Para Calderas a Leña (eucaliptos), está referido a la necesidad de que un país como el Uruguay, sin combustibles fósiles en su territorio (se está estudiando la posibilidad de petróleo en la plataforma marítima), tanto petróleo como gas natural, **hace necesario ver como una alternativa válida la utilización de la leña (eucaliptos), leña usada con el fin directo como combustible y/o descartes de la explotación de los bosques artificiales** (recortes o sobrantes de la exportación de eucaliptos u otros usos internos). **Pueden haber otros celulósicos disponibles** (algunos ya en utilización, como la cáscara de arroz, girasol, etc., hasta la "chilca" puede ser un buen combustible), **pero en este pequeño manual nos referiremos a la quema de eucaliptos** (fundamentalmente como rolos o astillones). La leña de "de monte" no debe ser usada con estos fines.

El rolo de rolos tiene la gran ventaja de mínimos cortes (menos combustible en los cortes), se deja el monte las ramas y follaje (que sirve de abonos y contra la erosión, creo que hasta la ceniza debiera volver a integrarse a los suelos), si se hace el "secado" hasta el 25% H.b.h. en los montes se acarrea un 40% de peso que el agua que hay que sacar de la humedad del rolo (con un estacionamiento adecuado de 6 a 8 meses), esto significa un ahorro de gasoil muy importante, ya que el traslado es uno de los costos más alto; el manejo de rolos por "grapos', "pallets" o simplemente con mano obra del hombre, es el método más sencillo y consume menos energía adicional. Todos los otros sistemas tienen no solo un costo adicional (chips, pellets, etc.) que solo lo hacen valiosos para determinados usos y/o si son desechos propios de aserraderos.

Pretende ser una ayuda para aquellos que tengan la necesidad de utilizar o comprar una caldera a leña.

De todas maneras, puede servir de base para tomar acciones, luego de un cuidadoso razonamiento (que cada uno deberá tomar bajo su responsabilidad y riesgo).

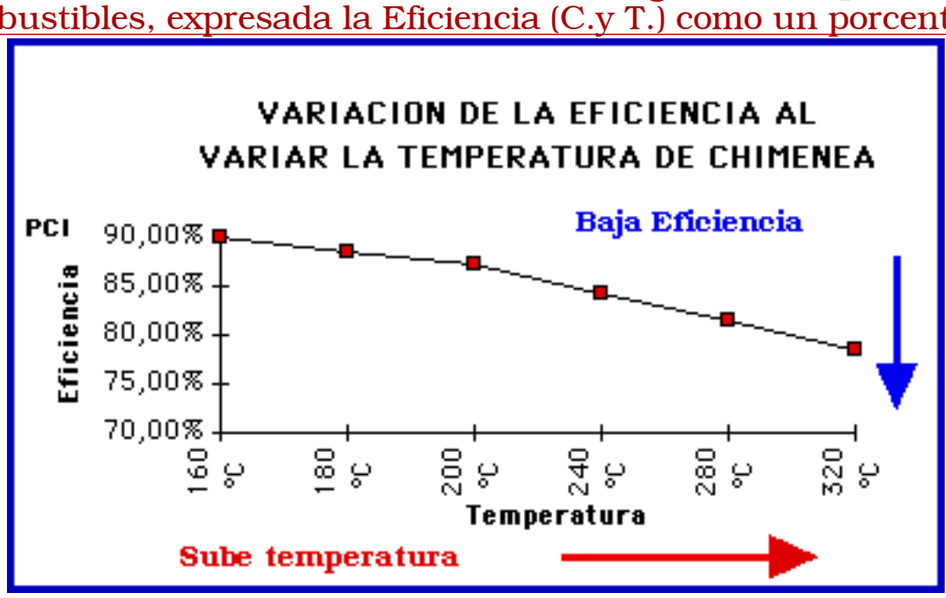


USO DEL VAPOR (o agua caliente).

Debemos de partir que el calor acumulado en los combustibles (en su composición, química-física), tanto de **origen fósil como los bio-combustibles, cuando provocamos su reacción con el oxígeno del aire en la cámara de combustión de una caldera, lo que pretendemos es liberar su energía química en calor** (cuyos elementos atómicos que pueden darla son el carbono (C), el hidrógeno (H) y el indeseable azufre (S). Estos elementos se pueden encontrar solos, pero mayormente se encuentran combinados entre sí y con otros elementos como el propio oxígeno (O), formando miles de elementos orgánicos e inorgánicos). **Algunos ya no podrán producir calor, ya que de por sí se encuentran "oxidados", es decir, no reaccionan con el oxígeno del aire para producir calor porque ya lo han hecho, otros, que son los que nos interesan en nuestro caso, al unirse al oxígeno producen calor** (en mayor o menor cantidad como veremos más adelante)**.**

Pero debemos tener claro que ese calor que se produce en la cámara de combustión puede liberarse totalmente (combustión completa) **o liberarse parcialmente** (combustión incompleta). En el primer caso, **si la combustión se completa y se utiliza más aire que el necesario se pierde calor por la chimenea por "exceso de aire"** (aire que calentamos y no utilizamos, que se va por la chimenea "robándonos calor", aunque siempre habrá un cantidad de exceso de aire necesario que depende del combustible, del tipo de quemador, de hogar, etc.), **pero si la combustión es incompleta** (por falta de aire o por otras razones: como la falta de temperatura, mezcla entre el aire y el combustible, falta de tiempo de combustión, etc.) **se pierde un valioso combustible sin quemar por la chimenea** (como CO y otros gases) **que no solo son energía sino que son contaminantes. Pero debemos de ser conscientes que el diseño de la caldera si no es adecuado** (es decir, que sus superficies de transferencias son insuficientes o mal diseñadas y no "atrapan" el calor) **la temperatura de los gases de chimenea serán innecesariamente altos** (perdiendo calor por los gases con exceso de temperatura, aunque hay límite mínimo en que podemos bajar dicha temperatura, debido fundamentalmente al tema de la corrosión que provoca por llegar al "punto de rocío" o sea condensación por el contenido de agua que condensa y forma con algunos elementos ácidos corrosivos que nos "atacan" los metales de los componentes de la salida de gases, sean ventiladores, intercambiadores o chimeneas metálicas).

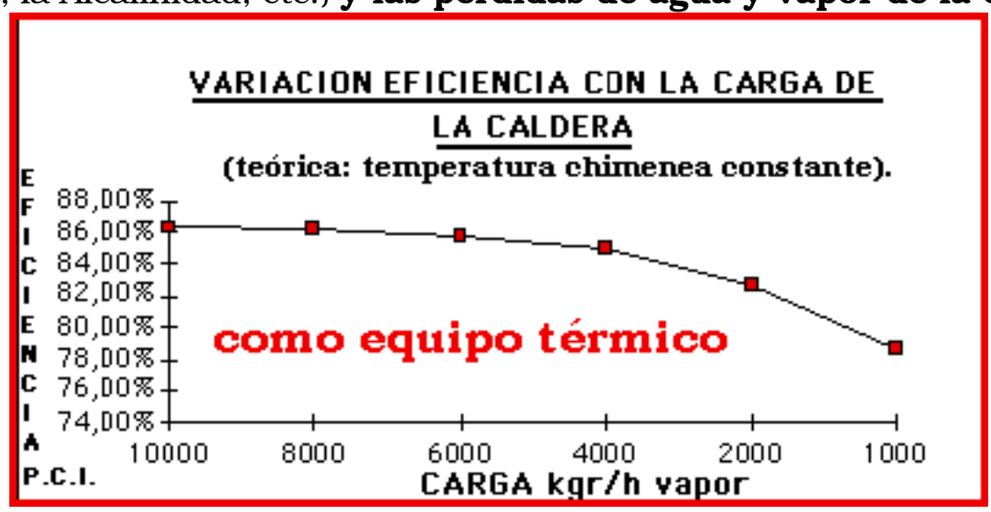
La recuperación de calor en este caso de considerar las pérdidas de chimenea y la calidad de la combustión la valoramos como : Eficiencia de Combustión y Transferencia. (es el % del calor que queda en la caldera, es decir que al total de calor producido por el combustible se le resta el calor perdido por la chimenea por temperatura en los gases, incluyendo el exceso de aire y los gases no quemados, sean como monóxido de carbono, hidrógeno o compuestos orgánicos volátiles combustibles, expresada la Eficiencia (C.y T.) como un porcentaje).



Esta Eficiencia puede ser tan buena como casi el 90% (al PCI). y en algunos casos más, del calor que dispone el combustible. **Pero puede ser tan "mala" que apenas represente el 60%** (al PCI) **del calor que dispone el combustible** (cuando expresamos el calor por el Poder Calorífico Inferior o sea al PCI, recordando que la cantidad del calor de los combustibles se pueden expresar de dos maneras, por el Poder Calorífico Superior al considerar el agua que se forma en la combustión y la que trae el combustible condensada y todos a 0ºC, lo que significa que cuando expresamos el calor al Poder Calorífico Inferior le estamos descontando el calor de vaporización del agua de combustión y de la que trae el combustible, todo referido a 0ºC)**.**

Estas expresiones de PCS y PCI, cuando se expresan por % deben ser aclaradas a que poder calorífico nos estamos refiriendo (PCS o PCI), **ya que al hacer los cálculos de % los números dan diferentes, para la misma condición de medición, por eso la interpretación debe ser de acuerdo a que poder calorífico que nos referimos.** (En Uruguay nos referimos por lo general al PCI, cuyos valores numéricos en % son más altos, como por ejemplo: una caldera a Fuel Oíl puede dar el 89% de Eficiencia al PCI y si deseamos expresarla al PCS corresponde a 85% aprox., sin embargo las dos representan las misma condición de Eficiencia o recuperación de calor. Al referirnos al PCI es evidente que consideramos que el calor que se lleva el agua en forma de vapor de agua no lo estamos considerando, lo que significa que una caldera que aproveche ese calor en el vapor del agua de chimenea daría una Eficiencia de Combustión y Transferencia por encima del 100%, lo que no sería correcto, por eso hay quienes usan el PCS como base de expresión de esta Eficiencia).

Una vez producido el calor y transportado al interior de la caldera através del material de metal al agua y al vapor, no todo el calor irá en el vapor producido en la caldera (hay que descontar el calor que introducimos con el agua de alimentación, es decir que cuanto más caliente el agua de alimentación más vapor podrá producir la caldera, **pero hay otras que son pérdidas que tiene la caldera a la sala de caldera** (pérdidas por radiación, convección y conducción, de sus partes expuestas, aún aisladas en las zonas que se puede, **pero además a estas pérdidas se suman las pérdidas por la necesidad de purgar el agua de caldera** (para controlar los límites químicos que se deben establecer en el agua de caldera, por lo general el PH, el Total de Sales Disueltas (TSD), la Alcalinidad, etc.) **y las pérdidas de agua y vapor de la caldera.**



Considerando estas pérdidas que ocurren en la caldera debido a su propia estructura y a la necesidad de purgar el agua (y a pérdidas de agua y vapor, muchas veces inevitables en algún momento), **se llama: Eficiencia de la Caldera como Equipo Térmico. Esta Eficiencia como Equipo Térmico puede ser en una caldera bien diseñada en casi el 99%** (PCI) **del vapor del calor que queda en la caldera** (considerando la misma al 100x100 de la capacidad de vaporización)**, pero puede ser tan "mala" como el 80%** (en caldera "viejas" o mal diseñadas o con muy mala calidad de agua de alimentación que obliga a grandes cantidades de purgas, cuando se usan aguas de pozos con muy alta salinidad para las condiciones operativas de la calderas: tipo de caldera y presión).

Como vemos en el gráfico anterior, la Eficiencia de la caldera como equipo térmico más nos afecta al funcionar la caldera a cargas bajas, ya que por lo general la pérdidas nombradas (descontando las purgas necesarias para mantener los límites químicos interno del agua), es una pérdida constante, dependen más de la presión de la caldera y de las condiciones imperantes en el entorno de la caldera, por eso al bajar la "carga" de la caldera esta pérdida como equipo térmico "pesa" más en le Eficiencia Total de la Caldera, lo que significa que la caldera tiene un punto óptimo de carga para marchar, que por lo general está en el entorno del 70% de la capacidad total.

Considerando ambas Eficiencias (o aprovechamiento del calor en la caldera) **podemos hablar de una: EFICIENCIA TOTAL DE LA CALDERA.**

Todos estos parámetros son afectados continuamente, tanto por las condiciones operativas como por las condiciones ambientales (verano e invierno, vientos, etc.).

Este valor (EFICIENCIA TOTAL DE LA CALDERA) lo podemos establecer como el aprovechamiento global del combustible a la salida de vapor de la caldera.

Como aprovechamiento energético no se puede decir que aquí termina el tema del mejor aprovechamiento del calor en el vapor o en el agua caliente, sino que el propio vapor entre la caldera y el uso del mismo, desde las pérdidas de calor en el transporte por las cañerías (que aún aisladas, pero que por lo general las aislaciones son faltantes o malas, los accesorios y válvulas no se aislan por error) **significa que muchas veces apenas el 60%** (PCI) **del calor que suministra la caldera** (que sale en el vapor) **llega a la zona en donde se usa el vapor. Pero a esto debemos de agregar todas las pérdidas de los equipos** (rendimiento térmico de cada equipo, tanto de diseño o condiciones de operación), **retornos o usos del vapor , etc.**

La pérdida de calor de una válvula equivale a 1 m. de caño sin aislación o 10 m. caño aislado del mismo Ø

La pérdida de calor de una platina equivale a 0,3 m sin aislar o 3 m. de caño con aislación del mismo Ø.

La pérdida por las juntas de expansión son importantes.

Considerando que en los equipos mismos se pierde buena parte de la energía calórica sin usar (hasta por el exceso de temperatura o tiempo de uso innecesarios). **A este aprovechamiento o EFICIENCIA TÉRMICA DEL USO DEL VAPOR EN LA PLANTA** (por lo general bastante malo), **puede andar con aprovechamiento tan bueno como el 90% o tan malo como el 50%.**

Es decir, que si consideramos la Eficiencia (o sea aprovechamiento) global del todo el sistema, muchas veces apenas se aprovecha el 30% o menos (PCI) **del calor que puede aportar el combustible al PCI.**

Como vemos, del combustible, en el punto final de uso, muchas veces se usa una fracción del mismo. ESTO HACE MUY IMPORTANTE CONSIDERAR QUE EL COSTO DEL PROPIO COMBUSTIBLE INCIDE EN CUALQUIERA DE LOS CASOS, TANTO EN BUEN APROVECHAMIENTO Y FUNDAMENTALMENTE CUANDO EL APROVECHAMENTO ES MALO.

Si consideramos que aprovechamos el 50% del calor de un combustible, y podemos sustituirlo con otro combustible que cuesta un 50% menos para la misma generación de calor, es evidente que hacemos un negocio "brillante" (aunque no solo debemos de pensar en bajar el costo del combustible, también pensar en mejorar la EFICIENCIAS GLOBAL del sistema, lo que optimizaría los resultados económicos).

Pero en los combustibles, hoy en día, ha quedado al "descubierto" el gran tema de humanidad: "el cambio de clima" por el uso de los combustibles fósiles (petróleo, carbones minerales y otros similares).

Un combustible fósil, al ser quemado en una caldera, principalmente libera anhídrido carbónico (CO2) (elemento que debe ser absorbido por la naturaleza o de lo contrario se acumula en al atmósfera, produciendo el "efecto invernadero" que produce el "cambio climático" que todos ya todos conocemos.

El agua que se produce por la combustión del hidrógeno (H), se va como vapor de agua o condensa en algunos casos excepcionales.

Los otros elementos perjudiciales de su combustión, fundamentalmente son el azufre (S), **produce anhídrido sulfurosos** (SO2 que se transforma luego en un elemento más ácido) **responsables con otros elementos de la lluvia ácida** (junto a la oxidación del nitrógeno (N) del aire o del propio combustible que se puede llegar a formar en determinadas condiciones indeseables, formando luego ácido en la atmósfera)**. Habiendo además otros elementos indeseables como el hollín y otros gases no quemados** (CO, ácidos piroleñosos, etc.)**.**

Pero si consideramos los bio-combustibles, como la leña y en especial (de la que nos ocuparemos en este curso a distancia) **la leña procedente del eucaliptos** (que en el Uruguay crece muy favorablemente y hay grandes plantaciones desde hace mucho tiempo y ahora multiplicada su plantación para otros usos que combustible, pero que dejarán residuos de biomasa utilizables para generación de calor), **su combustión** (si es adecuada) **no sólo es muy ventajosa económicamente, sino que podemos de decir que es menos contaminante que los combustibles fósiles** (ya que el anhídrido carbónico-CO2) **que produce al quemar, el árbol (eucalipto) lo vuelve a tomar de la atmósfera y por el proceso de fotosíntesis lo vuelve a transformar en leña al crecer el árbol** (efecto que todos conocimos en la escuela primaria cuando hablábamos de la clorofila, de la fotosíntesis y de la purificación del aire, ya que la planta al tomar el CO2 libera el oxígeno que contiene). **Todo lo que digamos en este CURSO sobre la combustión de eucaliptos** (generalmente como rollos de eucaliptos, por no necesitarse grandes energías para transformarlo en "chips" y/o en "pellets" o "compactos de madera aglomerada", etc,) **también sirve para la combustión de los otros elementos de biomasa** (con el traslado del problema a cada caso, como el aserrín, las cáscaras como la de arroz, girasol, soya, pajas, etc).

También el rollo de eucaliptos (que requiere pocos cortes), **tiene la ventaja de su alta densidad para el transporte** (aunque debemos tratar de transportarla seca o sea con 6 meses de correcto estacionamiento para bajar la humedad en el entorno del 25-30%) **y el manipuleo para el traslado y carga en la cámara de combustión de la caldera u horno.**

En una palabra, el rollo de leña (eucaliptos, no hablamos de otras especies y menos el uso de especies nativas) **representa un posibilidad de energía alternativa, no solo económicamente sino como un elemento menos contaminante** (siempre que logremos buenas combustiones) **y renovable** (así como se cortan los eucaliptos, el rebrote o la nueva plantación es un hecho).

LA COMBUSTION A LEÑA

La madera (como el eucaliptos), **tiene para su utilización en la combustión, los mismos elementos que el petróleo o el gas natural** (**carbono** e **hidrógeno**, que aportan el calor al oxidarse con el oxígeno y algunos otros elementos que no aportan calor, como agua, oxígeno, etc., el **azufre** también aporta calor, pero en el caso de la leña prácticamente no existe, aunque sí en algunas cáscaras como la de arroz tienen un bajo contenido de azufre).

Veamos un **cuadro comparativo aproximado de estos elementos fundamentales** (valores aproximados)**:**

Fuel Oíl pesado:

CARBONO	HIDROGENO	OXIGENO	AZUFRE	AGUA	NITRÓGENO	CENIZAS
84.70%	**9.40%**	1.50%	3.00%	0.70%	0.50%	0.20%

GAS NATURAL:

CARBONO	HIDROGENO	OXIGENO	AZUFRE	AGUA	NITRÓGENO	CENIZAS
73.58%	**24.05%**	1.43%	0.00%	0.00%	0.93%	0.00%

LEÑA (rolos eucaliptos)**:**
sin humedad (seca totalmente en estufa)

CARBONO	HIDROGENO	OXIGENO	AZUFRE	AGUA	NITRÓGENO	CENIZAS
50.20%	**7.00%**	42.00%	0.00%	**0.00%**	0.00%	0,80%

LEÑA (rolos eucaliptos)**: con humedad de 25%** (humedad luego de estacionarla unos 6 meses en forma correcta)

CARBONO	HIDROGENO	OXIGENO	AZUFRE	AGUA	NITRÓGENO	CENIZAS
37.65%	**5.25%**	31.50%	0.00%	**25.00%**	0.00%	0,6%

Como vemos, **la leña tiene menos carbono y menos hidrógeno que el F. Oíl y el gas natural** (aquí la leña la hemos puesto sin agua y con agua (25% humedad en base húmeda), aunque que sabemos que la leña siempre tendrá una cantidad de agua, que llamaremos "humedad", que expresaremos en base húmeda-o sea el % de agua que contiene respecto al peso total, que nunca será menor del 20% en condiciones naturales de secado). Hemos puesto la correspondiente a **25% H.b.h.**(Humedad en base húmeda, unos 6 meses de correcto secado), una humedad ideal para hacer buenas combustiones).

Sabemos que por cada Kg. de carbono (C) **que se quema, se obtienen aprox. unas 8.150 Kilo-calorías** (combustión completa o sea totalmente transformado en **CO2**, **anhídrido carbónico)**, pero **si la combustión no fuera completa solo se produciría 2.456 Kilocalorías**, se formaría **CO, monóxido de carbono,** el 30% del calor que produce la combustión completa) **y por cada kilo de hidrógeno que se quema, unas 34.000 Kilo-calorías** (expresada como **Poder Calorífico Superior**, o sea, considerando el calor total de vaporizar el **agua** que se forma de la combustión: **H2O).**

Recordemos que la Kilocaloría (Kcal.) **equivale: a calentar 1ºC** (un grado centígrado) **a 1 kg. de agua** (a un kilogramo de agua, que pesa 1.000 gramos y que calentar 1 g. de agua 1ºC es igual a una caloría).

Por lo cual es evidente que por peso, el combustible que tiene más calorías es el que contiene más hidrógeno (debemos descontar el hidrógeno que lo suponemos unido al oxígeno contenido en el combustible, por lo que ya se supone que ha reaccionado con el mismo (aunque en la realidad no es totalmente así), por cada **8 partes de oxígeno en peso** se descontará **una parte de hidrógeno** en peso, dado que 1 Kg. de hidrógeno produce 9 Kg. de agua: **H2O**).

El **azufre (S)** en leña no tiene mayor importancia, ya que su valor es casi inexistente (en F. Oíl por lo general es un problema por la corrosión. También, en la cáscara de arroz la presencia de azufre (S) en un valor relativamente bajo, pero junto con la alta cantidad de **sílice (SiO2),** que queda como ceniza, hace que los **efectos de "erosión"** aumenten la corrosión en el tubo del hogar, tubos de caldera, ductos, separadores, chimeneas y ventiladores).

Como vemos, para poder aprovechar bien el calor, que puede producir el combustible, debemos de **obtener la combustión completa del carbono** (C)**, por lo que veremos, que en la leña y en los gases será muy importante lograrlo, ya que no tenemos síntomas muy visibles como en el F. Oíl** (que produce **humos negros** o **coloración muy notoria en la llama** cuando hay falta de aire o mala combustión, cosa esta última que puede ocurrir por varias razones: falta de mezcla del aire y el combustible, falta de tiempo de combustión, exceso de humedad, etc.).

COMBUSTION

CARBONO + 2 OXIGENO = CO2 Anhídrido carbónico
C + O2 = CO2 + 8150 kcal./kg. Comb. completa

CARBONO + OXIGENO = CO Monóxido de carbono
C + O2= CO + 2456 Kcal./Kg. Comb. incompleta

Pérdida por cada Kg. C medio quemar 5600 kcal./Kg.

HIDROGENO + 2 OXIGENO = H2O Agua
2H2 + O2 = 2 H2O = + 33.990 Kcal./Kg. (P.C.S.)
+ 28.630 Kcal./Kg. (P.C.I.)

AZUFRE + 2 OXIGENO = SO2 Anhídrido sulfuroso
S + O2 = SO2 + 2.160 Kcal./Kg. corrosivo

EL PODER CALORIFICO:

El poder calorífico de un combustible es el calor liberado al quemarlo con el oxígeno mínimo necesario y referido a cero grado centígrado (0 Cº), pero como casi todos tienen hidrógeno (que se transforma en agua al quemarse) o agua como humedad, se expresa de dos maneras: **Poder Calorífico Superior** (PCS, considera el agua como condensada y a 0 Cº) **y como Poder Calorífico Inferior** (PCI, considera el agua como evaporada a 0Cº o sea, hay que restarle al PCS el **calor latente de vaporización del agua total**, o sea, la producida por la combustión y la que trae como humedad. Aproximadamente el valor del calor total de esta agua que hay que evaporar equivale a multiplicar por 600 Kcal. por cada 1 Kg. de agua (H2O).

PCI= PCS - Kg. H20 x 600 Kcal. (Kg. de agua).

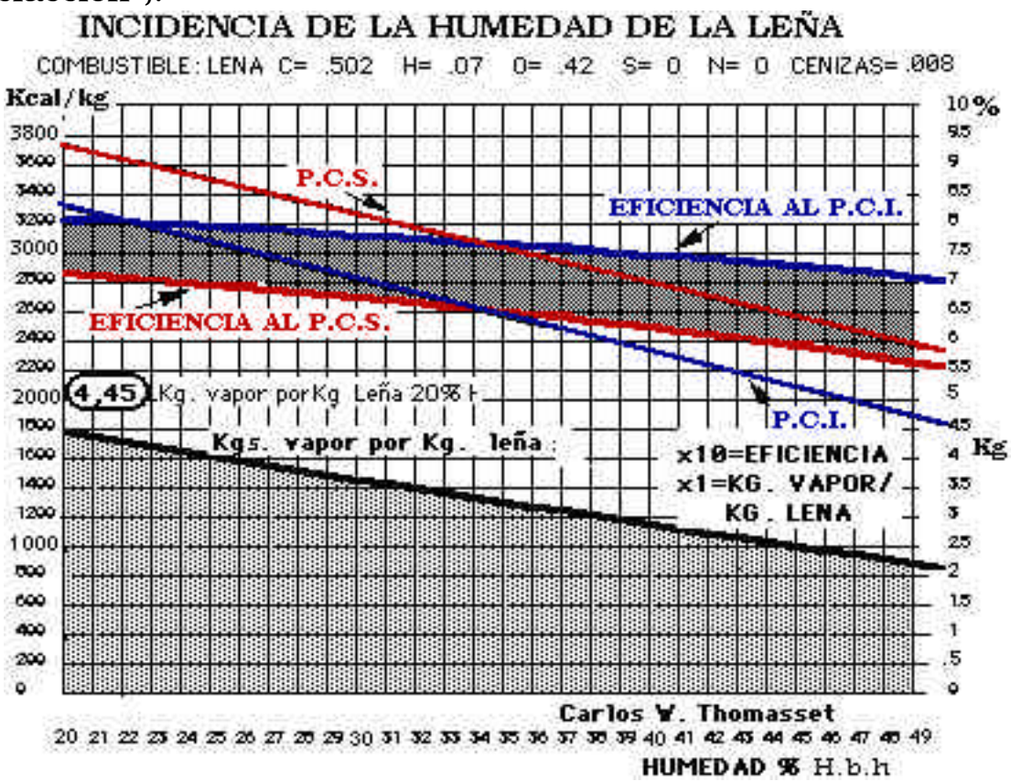
Dado que la leña cuando se corta en el monte (eucaliptos) tiene una humedad en base húmeda (la designaremos como H.b.h.) **tiene un valor en el entorno del 60% H.b.h.** (esto significa que solo el **40% será leña combustible como "materia seca"** cuando el eucaliptos está en pie y cae por el corte, inclusive hay épocas que esta humedad es mayor).

Con el pasar de los días y meses (por el **estacionamiento,** el cual es una **operación fundamental,** como veremos más adelante), **la leña va perdiendo la humedad** (y otros elementos útiles, como **volátiles orgánicos combustibles** y **"madera"** que se degrada por efecto de los insectos, bacterias y hongos). **Habrá una merma de humedad y de la propia leña** (ahora consideraremos la merma solamente por efecto de evaporación del agua o sea la humedad), **evaporación por efecto de lo vientos o sea de las corrientes de aire más que por efecto del "sol" directo**, factor que deberemos tener muy en cuenta al estacionar la leña para su secado.

Veamos una gráfica en la podemos comparar una leña al salir del monte (unos 20 a 30 días, con un 49% H.b.h.) y luego de estar estacionada a hasta que la humedad baja a un 20% H.b.h., cosa que ocurre por lo general solamente en verano, luego de muchos meses de estacionamiento (ha perdido además muchos volátiles y "madera" por putrefacción y ataque de insectos).

En el gráfico inferior, hemos trazado los valores de los **Poderes Caloríficos** (superior e inferior), los cuales se ve que a mayor humedad, **tienden a separarse** (la diferencia entre ambos es mayor) debido a la cantidad de calor en vaporizar el agua que tiene como humedad.

También hemos puesto la **Eficiencia** (**rendimiento**, expresados en referencia a ambos poderes, **PCS y PCI**) de una caldera a leña común (sin recuperadores), **con combustión completa**, trabajando a una presión de 10 Kg./cm2, en la que además hemos puesto los Kg. de vapor aproximados que podemos obtener en distintos estados de humedad (no hemos considerado las pérdidas por volátiles y por "putrefacción").



En **el gráfico anterior** (a la **izquierda** en las ordenadas, las Kilocalorías de los **P.C.**, en la **derecha**, las ordenadas **x10** las **Eficiencias** y por **x1**, los **Kg. de vapor por Kg. de leña**, como abscisas la humedad de la leña en base húmeda: **H.b.h**.), vemos que la humedad de la leña entre 20% H.b.h. a 49%H.b.h., los Poderes caloríficos bajan en una curva descendente (disminuyendo más el P.C.I. debido al contenido del agua por la humedad que aumenta), que hace que la Eficiencias también bajen. **Esto se refleja más en que con una humedad del 20% H.b.h. se producen 4,45 Kg. de vapor por Kg.Leña, pero cuando la humedad aumenta al 49% H.b.h., solamente se pueden producir unos 2,25 Kg.vapor por Kg. de leña** (hemos supuesto que el exceso de aire es el doble que la humedad en %, operando una caldera con valores que se han mantenido constantes, salvo el exceso de aire).

Tomemos algunos valores puntuales de Poderes Caloríficos de la leña (y cáscara de arroz):

Leña de eucaliptos:

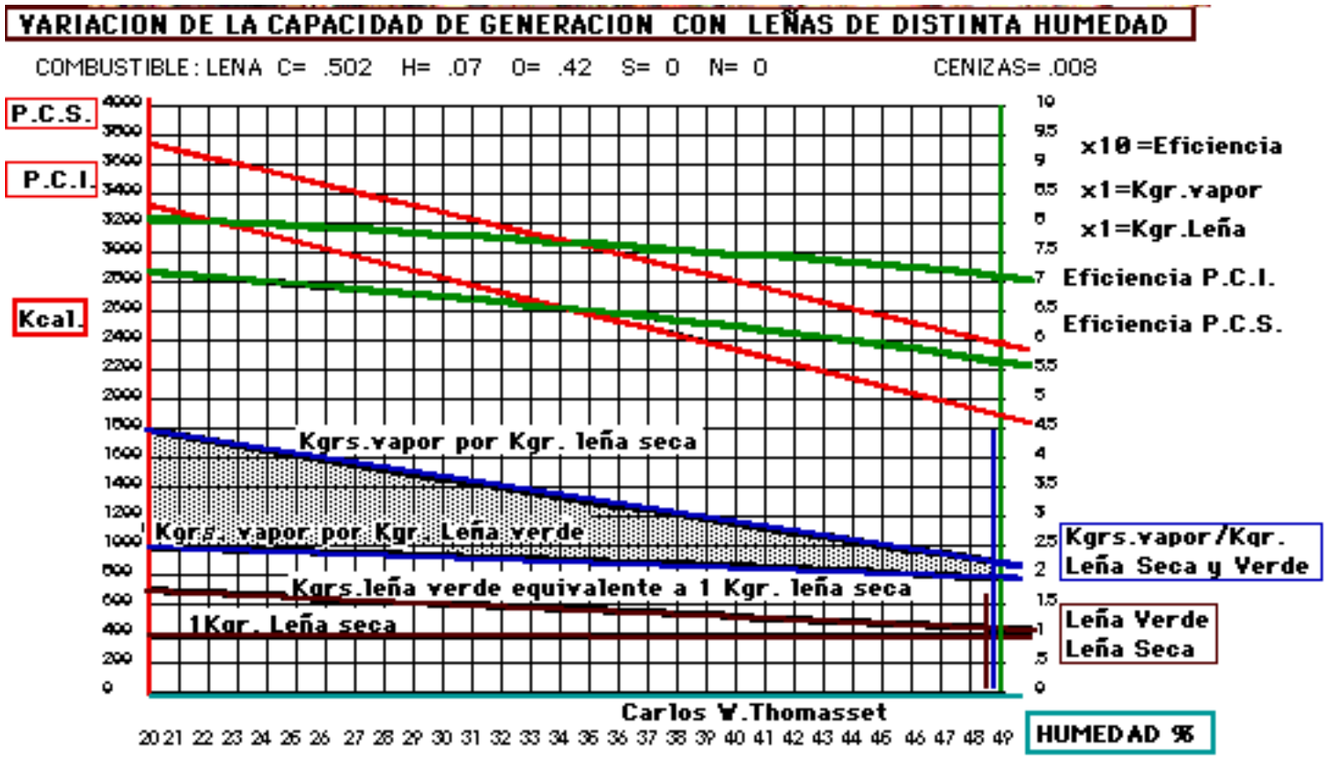
Humedad 0% (totalmente seca) P.C.S. = 4.685 Kcal/Kg. P.C.I.= 4.300 Kcal/Kg.

La humedad mínima de la leña que se logra en la práctica es de 20% después de 1 año, pero lo normal es del 25% (más de 6 meses de estacionamiento).

Humedad 25%.....P.C.S. = 3.510 Kcal./Kg..... P.C.I. = 3.080 Kcal./Kg.
Humedad 30%.....P.C.S. = 3.280 Kcal./Kg..... P.C.I. = 2.830 Kcal./Kg.
Humedad 35%.....P.C.S. = 3.045 Kcal./Kg..... P.C.I. = 2.590 Kcal./Kg.
Humedad 41%.....P.C.S. = 2.760 Kcal./Kg..... P.C.I. = 2.290 Kcal./Kg.

En cáscara de arroz (otro celulósico bastante usado)

Cáscara de arroz 10%H.b.h.....P.C.S. = 3.100 Kcal./Kg.... P.C.I. = 2.800 Kcal./Kg.



COMO SE MIDE LA LEÑA:

Según sea el destino de la leña (nuestro caso el eucaliptos), se mide de varias maneras cuando se compra. Así se puede establecer distintos parámetros, en los cuales en algunas se considera la humedad de la leña, en otros no.

ROLOS DE EUCALIPTOS PARA QUEMA DIRECTA

MEDIDAS EN LA INDUSTRIA PAPELERA DE EXPORTACION

Estereo (St)= 1 cubo de 1 m. x 1m. x 1m. de troncos.

solida

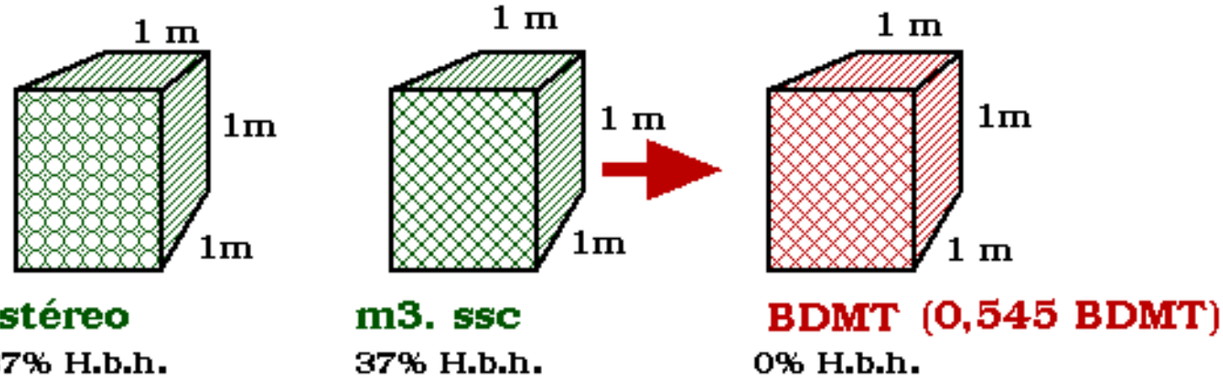
m3. ssc = 1 m3. (St) de madera maciza sin cáscara (37%H.b.h.)

BDMT (Bone Dry Metric Tone: Tonelada m. de madera seca)

(m.= métrica)

EQUIVALENCIAS:

1 m3. ssc = 0.865 Ton. (partiendo que tiene 37% H.b.h.)
1 m3. ssc = 0,865 x 0,63 = 0,545 BDMT
Siendo la leña (eucaliptos) con 25%H.b.h. la ideal para la la combustión, podemos establecer la siguiente relación:
1 m3. ssc (37%H.b.h)=0,865x0,63/0,75=0,72 Tn.(25%H.b.h.)



Estéreo 37% H.b.h.

m3. ssc 37% H.b.h.

BDMT (0,545 BDMT) 0% H.b.h.

1 St = 0,62 m3. ssc

1 m3. ssc = 0,545 BDMT
1 m3. ssc = 0,865 Ton. (37% H.b.h.)
(58,7%H.b.s.)
1 m3. ssc = 0,72 Ton. (25% H.b.h.)
(33,3 H.b.s.)

El m3. ssc se puede medir por desplazamiento del agua.

CURSO A DISTANCIA: Para Calderas a Leña (eucaliptos)

2008

modulo 1

En el manejo de la leña (eucaliptos) para calderas usaremos el Kilogramo (la tonelada: 1.000 Kg.) y la humedad de la leña en base húmedad, ya que con esos parámetros podemos evaluar que es lo que estamos comprando, aunque quedan por ver, que el compartimiento de la combustión está muchas veces afectado por el tipo de eucaliptos (colorado, rosado, blanco, etc. usando términos comunes, ya que estos tienen diferencias en su densidad y constitución, lo que los hace comportarse en forma diferente en los hogares)**, por la cantidad de cáscaras que trae** (la cáscara tiene mucha sílice y otros componentes, que tienden a "tapar" la grillas con el bajo punto de fusión de la ceniza y ensuciar rapidamente la caldera por los arrastres en los gases)**, por el tiempo de secado y las condiciones del mismo** (el grado de putrefacción y "destilación" de los volátiles, una leña estacionada por más de un año se comporta como una leña "muerta" con los bajos volátiles que desprende en el calor del hogar), **a veces hasta la zona de plantío** (en zonas costera el salitre o sales del agua salada, la leña tiende a ser pesada y de difícil combustión) **y la época de corte** (el efecto del crecimiento en su composición, aunque este es un tema poco considerado).

EXPRESION DE LAS HUMEDADES

BASE HUMEDAD : La usamos quienes trabajamos en combustión.

Ph= peso húmedo Ps= peso seco (materia seca)

%H. b.h. = [(Ph - Ps) / Ph] x 100 (% Humedad base húmeda)

BASE SECA : La usan los carpinteros (muebleros, construcción,etc.)

%H. b.s. = [(Ph - Ps) / Ps] x 100 (% Humedad base seca)

CONVERSION DE BASE SECA A BASE HUMEDA

%H. b.h. = [%H. b.s. / (%H. b.s. + 100)] X 100